

#4

**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

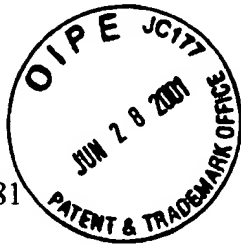
In re application of

Fred BUCHALI, et al.

Appln. No.: 09/816,381

Confirmation No.: 7839

Filed: March 26, 2001



Group Art Unit: Not yet assigned

Examiner: Not yet assigned

For: A PROCESS FOR RECOVERING DIGITAL OPTICAL SIGNALS AND A  
FEEDBACK DECISION CIRCUIT


**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

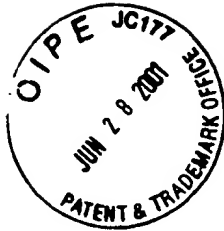
Respectfully submitted,

  
David J. Cushing  
Registration No. 28,703

SUGHRUE, MION, ZINN,  
MACPEAK & SEAS, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3213  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Germany 100 15 115.9

Date: June 28, 2001



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

**Aktenzeichen:** 100 15 115.9  
**Anmeldetag:** 28. März 2000  
**Anmelder/Inhaber:** Alcatel, Paris/FR  
**Bezeichnung:** Verfahren zur Rückgewinnung von digitalen  
optischen Signalen sowie rückgekoppelter  
Entscheider  
**IPC:** H 04 L, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. März 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

ierofsky

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

## Patentansprüche

### 1. Verfahren zur Rückgewinnung von gestörten digitalen optischen Signalen

wobei die gestörten Signale (1) optisch-elektrisch gewandelt werden,

die elektrischen gestörten Signale (1) einen rückgekoppelten Entscheider (7) mit mindestens zwei parallel geschaltete Schwellwertentscheidern (2) durchlaufen,

die entschiedenen Signale (11) und eine geschätzte Dispersion als Basis zur Synthetisierung von synthetischen dispersiven Signalen (9) verwendet werden,

die gestörten Signale (1) und die synthetischen dispersiven Signale (9) zur Erzeugung eines Fehlersignals (10) verwendet werden,

und das Fehlersignal (10) zur Ableitung der Einstellparameter (B1, 1-B1) zur Einstellung der Schwellwertentscheider (2) verwendet wird.

### 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die analoge Kontrolle (15) das Fehlersignal (10) nach einem analogen Verfahren ermittelt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die analoge Kontrolle (15) unter Verwendung des Zero-Forcing-Algorithmus arbeitet.
4. Rückgekoppelter Entscheider (7) mit einem Eingang für optisch übertragene, in elektronische Signale rückgewandelte Daten mit mindestens zwei parallel geschalteten Schwellwertentscheidern (2) und einer analogen Kontrolle (15) zur Ermittlung von Einstellparameter (B1, 1-B1) für die Schwellwertentscheider (2),  
  
dadurch gekennzeichnet, dass Abgriffe (8) zur Ableitung des gestörten Signals (1) und des entschiedenen Signals (11) vorhanden sind und dass die analoge Kontrolle (15) eine Schaltung (M1, M2, V1) zur Ermittlung eines synthetischen dispersiven Signals (9) enthält und dass das synthetische disperse Signal (9) und das gestörte Signal (1) einer Schaltung (A2) zur Ermittlung eines Fehlersignals (10) dient und einer Schaltung (M3, A3, M4, A4) zur Bestimmung mindestens zweier Einstellparameter (B1, 1-B1) zugeführt wird.
5. Rückgekoppelter Entscheider (7) mit analoger Kontrolle (15) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der rückgekoppelte Entscheider (7) mit analoger Kontrolle (15) mit einem linearen Equalizer (16) verbunden ist.
6. Rückgekoppelter Entscheider nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der lineare Equalizer (16) die Signalamplitude auf 1 normiert und die analoge Kontrolle (15) auf die Ableitung des Parameters B1 reduziert ist.

## Verfahren zur Rückgewinnung von digitalen optischen Signalen sowie rückgekoppelter Entscheider

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Rückgewinnung von gestörten digitalen optischen Signalen sowie von einem rückgekoppelten Entscheider nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Aus dem Stand der Technik sind Verfahren zur Rückgewinnung von stark gestörten digitalen optischen Signalen sowie rückgekoppelte Equalizer (DFE Decision Feedback Equalizer) bekannt. Beispielsweise wird in der Veröffentlichung "Equalization auf Bit Distortion Induced by Polarisation Mode Dispersion", H. Bülow, NOC 97, Antwerp 1997, Seite 65 bis 72, mehrere Möglichkeiten zur Kompensation von Dispersion auch mit Hilfe von Equalizern vorgestellt. Einen aus dem Stand der Technik bekannten Equalizer zeigt Figur 1. Ein gestörtes optisches übertragenes Signal wird in einem optisch-elektrischen Wandler in ein gestörtes elektrisches Signal 1 gewandelt. Das gestörte Signal liegt an einem Schwellwertentscheider 2 an. Ausgehend vom Ausgang des Schwellwertentscheiders 2 wird das entschiedene Signal 11 über ein Verzögerungsglied 6 rückgekoppelt. Über einen Multiplikator wird das rückgekoppelte, zeitverzögerte Signal mit einem Parameter B1 multipliziert und auf ein Summationsglied gegeben. Um dem Parameter B1 zu erhalten wird im Stand der Technik ein analoges Regelungsverfahren angewendet. Es wird ein Signal sowohl eingangsseitig vor dem Schwellwertentscheider und ausgangsseitig nach dem

Schwellwertentscheider 2 abgegriffen. Die Subtraktion dieser beiden Signale ergibt ein Fehlersignal 10, das mit dem entschiedenen Signal 11 multipliziert den Parameter b1 ergibt. Ein solches analoges Regelungsverfahren reagiert sehr schnell auf Änderungen des optischen Signals. Ein solcher Regelkreis passt sich extrem schnell an die Gegebenheiten der Übertragungsstrecke und Störungen durch Dispersionseffekte an. Vorteilhaft ist die Verwendung des Zero Forcing Algorithmus wie er beispielsweise von G. KAWAS KALEH in "Zero-forcing decision-feedback equalizer for packet data transmission", Proceedings of ICC, pp. 1762-6, Geneva, May 1993, beschrieben wird.

Allerdings ist der aus Figur 1 bekannte DFE auf der Basis der derzeit verfügbaren Halbleiterschaltungen nicht in der Lage Datenraten oberhalb von 10 Gbit/s zu verarbeiten. Bei solchen hohen Datenraten beginnen die Laufzeitunterschiede der Signale in der Rückkopplungsschleife bereits eine Rolle zu spielen. Daher werden im Stand der Technik alternative Entscheiderschaltungen verwendet.

Beispielsweise werden in der deutschen Offenlegungsschrift DE 197 47 249 Schaltungen beschrieben, die parallele Schwellwertentscheider verwenden. Durch die Aufspaltung der gesamten Datenrate in parallele Datenströme wird das Zeitproblem in der Entscheiderschaltung reduziert. Als Beispiel wird eine Schaltung, wie in Figur 2 beschrieben, vorgestellt. Das Eingangssignal wird hier auf mehrere Entscheider 2 aufgeteilt. Die Entscheider weisen jeweils einen Schwellwerteingang U1 bis Un auf, der von einem digitalen Prozessor 12 extern geregelt wird. Die Ausgänge der Entscheider liegen an einem Multiplexer 4 an, der von einer Logikeinheit 5 beschaltet wird. Die Logikeinheit 5 wertet die Ausgänge einzelner Flip-Flop 7 der Verzögerungslogik 6 aus, um den Multiplexer zu beschalten. Ein solcher Aufbau für eine Entscheiderschaltung löst Laufzeitprobleme bei hohen Datenraten. Allerdings steht bei dieser Entscheiderschaltung kein Differenzsignal zwischen gestörtem Eingangssignal 1 und rückgekoppeltem Signal zur Erzeugung des Fehlersignals 10 zur Verfügung.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Schaltung vorzuschlagen, mit der es möglich ist, Entscheiderschaltungen mit parallel geschalteten Schwellwertentscheidern zu verwenden und gleichzeitig die Vorteile einer analogen Regelung der Einstellparameter zu verbinden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zu Rückgewinnung von stark gestörten digitalen optischen Signalen hat den Vorteil, dass die Schnelligkeit einer parallelen Schaltung von Schwellwertentscheidern in einem DFE mit der einfachen und schnellen Adaption der Regelgrößen durch einen analogen Regelkreis verbunden wird. Der erfindungsgemäße rückgekoppelte Equalizer hat weiterhin den Vorteil, dass ein synthetisches dispersives Signal erzeugt wird, mit dessen Hilfe eine analoge Regelung zur Bestimmung der Parameter möglich ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Figur 3 dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1: analoge Rückkopplung nach Stand der Technik,

Figur 2: parallele Entscheiderschaltung nach Stand der Technik, sowie

Figur 3: ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Equalizers

Figur4: eine Kombination mit einem linearen Equalizer.

In Figur 3 sind die Hauptbestandteile des erfindungsgemäßen Equalizers dargestellt. Ein optisches gestörtes Signal 1 liegt an einem DFE 7 an. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein DFE mit zwei Schwellwertentscheidern eingesetzt, der zwei Einstellparameter benötigt. Der Ausgang des DFE 7 liefert ein entschiedenes Signal 11. In einem gestrichelten Rahmen dargestellt ist eine analoge Kontrolle 15. Diese analoge Kontrolle 15 liefert eingangsseitig am DFE Einstellparameter B1 und 1-B1. Um die analoge Kontrolle - wie sie im Stand der Technik und in Figur 1 beschrieben ist - durchzuführen wird in der erfindungsgemäßen Schaltung ein Addierer A2,

ein Multiplizierer M3 sowie ein Addierer A3, sowie ein Multiplizierer M4 und ein Addierer A4 verwendet. Als Eingangssignal für den Addierer A2 dient ein synthetisches dispersives Signal 9 sowie das gestörte optische Signal 1. Das synthetische disperse Signal 9 wird erzeugt, indem das entschiedene Signal 11 sowie die rückgekoppelten Einstellungsparameter B1 und 1-B1 abgegriffen werden. Dabei wird der erste Parameter B1 mit dem entschiedenen Signal 11 im Multiplizierer M1 multipliziert, der zweite Parameter 1-B1 in einem zweiten Multiplizierer M2 ebenfalls mit dem entschiedenen Signal 11. Das multiplizierte Signal des Multiplizierers M2 wird über ein Verzögerungsglied V1 um 1 Bit verzögert. Die Resultate des Multiplizierers M1 sowie des zeitverzögerten Signals des Multiplizierers M2 werden in einem Addierer A1 addiert. Mit dieser Vorgehensweise wird ein synthetisches dispersives Signal 9 erzeugt, das auf dem entschiedenen Signal sowie auf einer Abschätzung der Dispersionseffekte aufgrund der Signal- und der Echoamplituden des Eingangssignals basiert. Im Addierer A2 wird das gestörte Signal 1 vom synthetischen dispersiven Signal 9 abgezogen. Als Ergebnis liegt ein Fehlersignal 10 vor. Der Ausgang des Addierers A2 ist sowohl mit einem Multiplizierer M3 als auch mit einem Multiplizierer M4 verbunden. Im Multiplizierer M3 wird das Fehlersignal mit dem entschiedenen Signal multipliziert. Das Ergebnis dieser Multiplikation liegt an einem Addierer A3 an. Der Addierer A3 bestimmt den Einstellparameter B1 zur Rückkopplung in den DFE 7. Der zweite Einstellparameter 1-B1 wird erzeugt durch Multiplikation des Fehlersignals 10 mit einem um 1 Bit zeitverzögerten entschiedenen Signal 11. Auch hier durchläuft das Ergebnis des Multiplizierers M4 einen Addierer A4, der den Parameter 1-B1 bestimmt. Mit dieser Schaltung wird ein Optimum erreicht, wenn die Ausgänge der Addierer A3 und A4 jeweils 0 sind.

Figur 4 zeigt die Schaltung aus Figur 3 bestehend aus DFE 7 und analoger Kontrolle 15. Die Darstellung ist dabei unterschiedlich gewählt. Das Fehlersignal 10, das durch Verwendung von gestörtem Signal 1 und synthetischem dispersiven Signal 9 entsteht, dient zur Ansteuerung eines linearen Equalizers 16.



Eine ausführliche Beschreibung eines linearen Equalizers, der beispielhaft die Kombination eingesetzt werden kann, ist in der deutschen Anmeldung DE 19936254.8 zu finden. Hier wird das Prinzip der Korrelation der Signalanteile mit Multiplikatoren, Verzögerungsglieder und Summation beschrieben.

Die Schaltung für die analoge Kontrolle 15 zeigt dabei nur die Ableitung des Parameters B1, nicht des Parameters 1-B1. Dieser Parameter wird wie in Figur 3 gezeigt abgeleitet.

Die Kombination mit einem linearen Equalizer 16 hat in einer weiteren Ausführungsform den Vorteil, dass der zweite Parameter 1-B1 nicht wie in Figur 3 ermittelt werden muss. Idealerweise normiert der Einsatz eines linearen Equalizers die Signalamplitude auf 1. Dadurch kann der zweite Parameter 1-B1 einfach durch Subtraktion ermittelt werden.

Auf die genaue Ausführungsform des linearen Filters kommt dabei nicht an. Wichtig ist dabei lediglich, dass eine Normierung der Signalamplitude auf 1 erfolgt und somit die analoge Kontrolle 15 einfacher ausgebildet werden kann.

## Zusammenfassung

### Verfahren zur Rückgewinnung von digitalen optischen Signalen sowie rückgekoppelter Entscheider

Es wird ein Verfahren zur Rückgewinnung von gestörten digitalen Signalen vorgeschlagen wobei die elektrischen Signale einen rückgekoppelten Equalizer durchlaufen und eine analoge Regelung der Einstellparameter der Equalizer erfolgt.

(Figur 3)

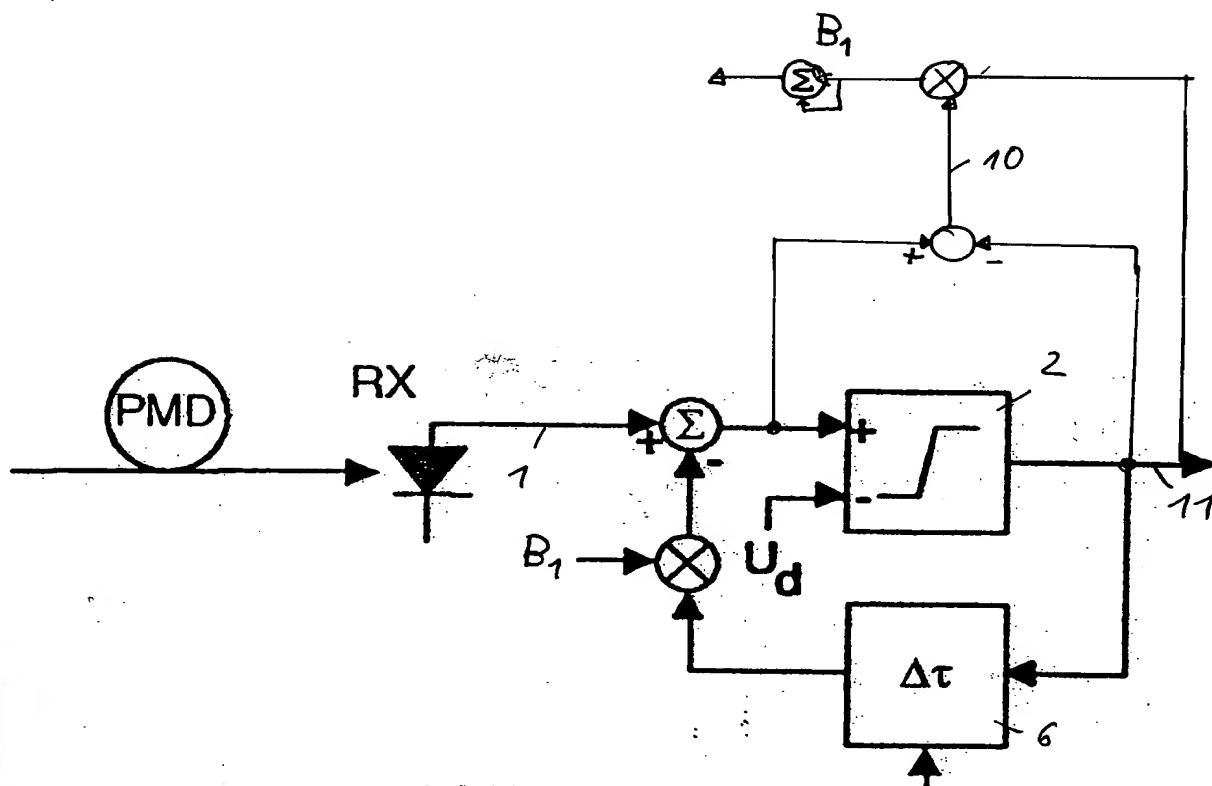


Fig. 1

7

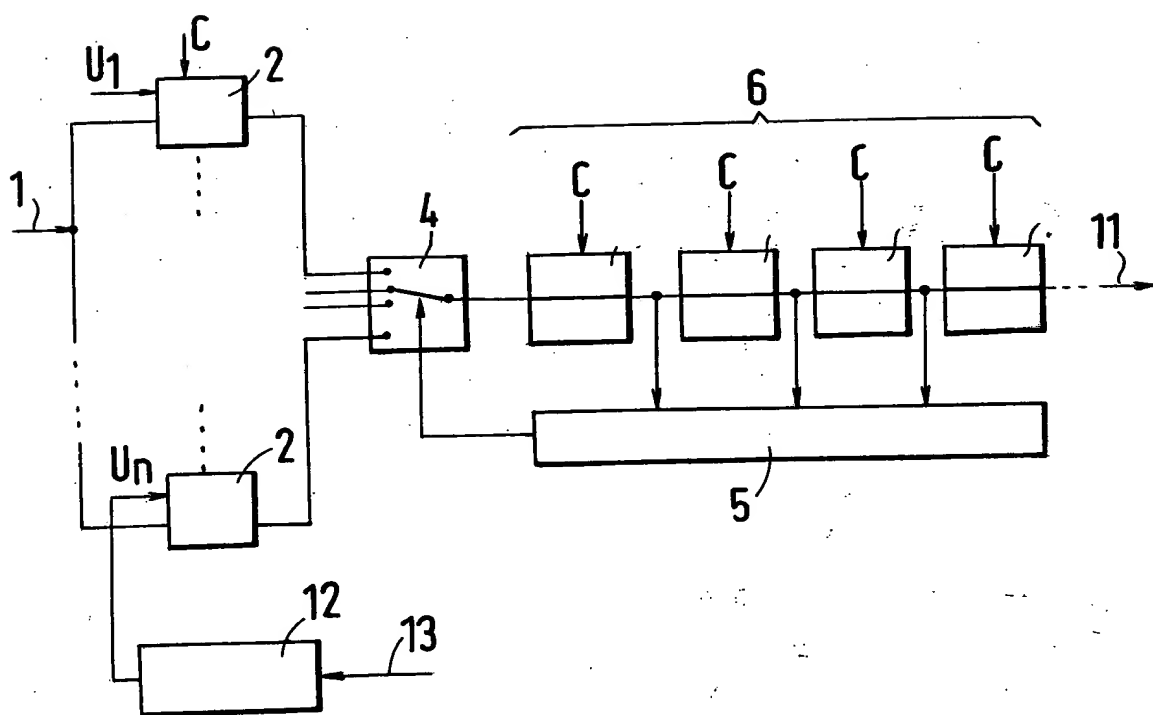


Fig. 2

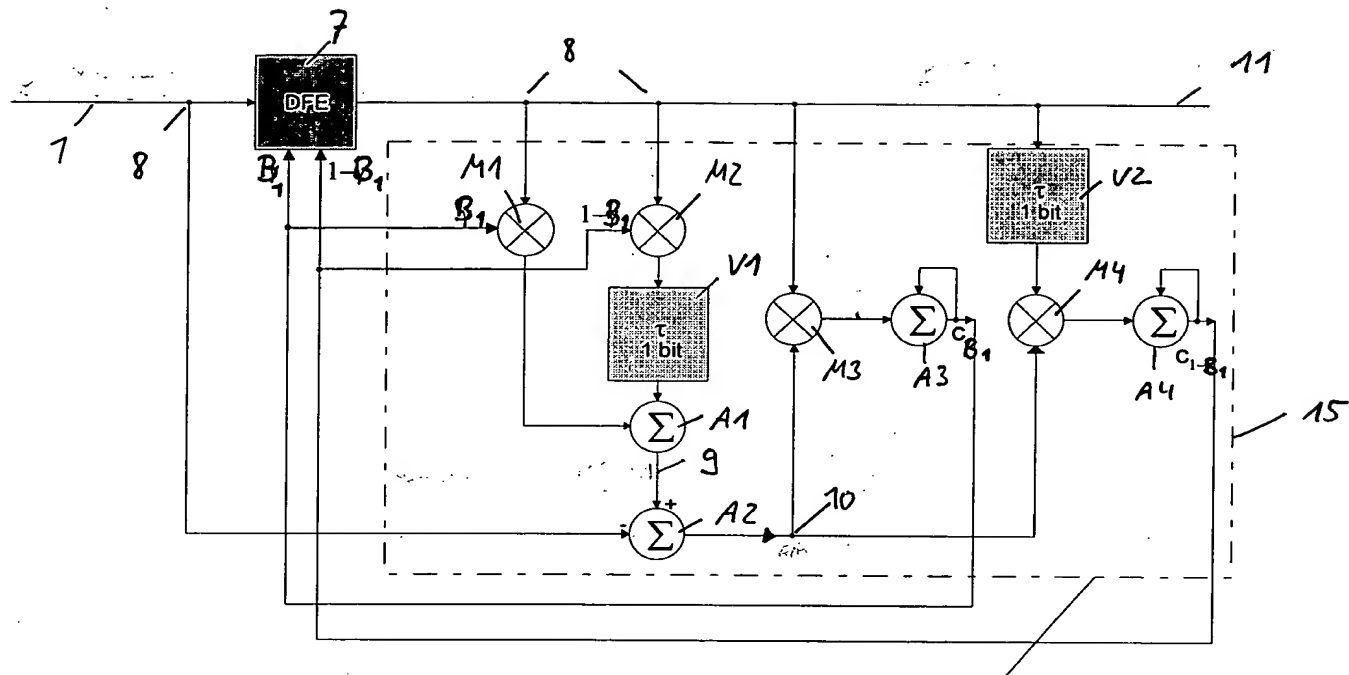


Fig. 3

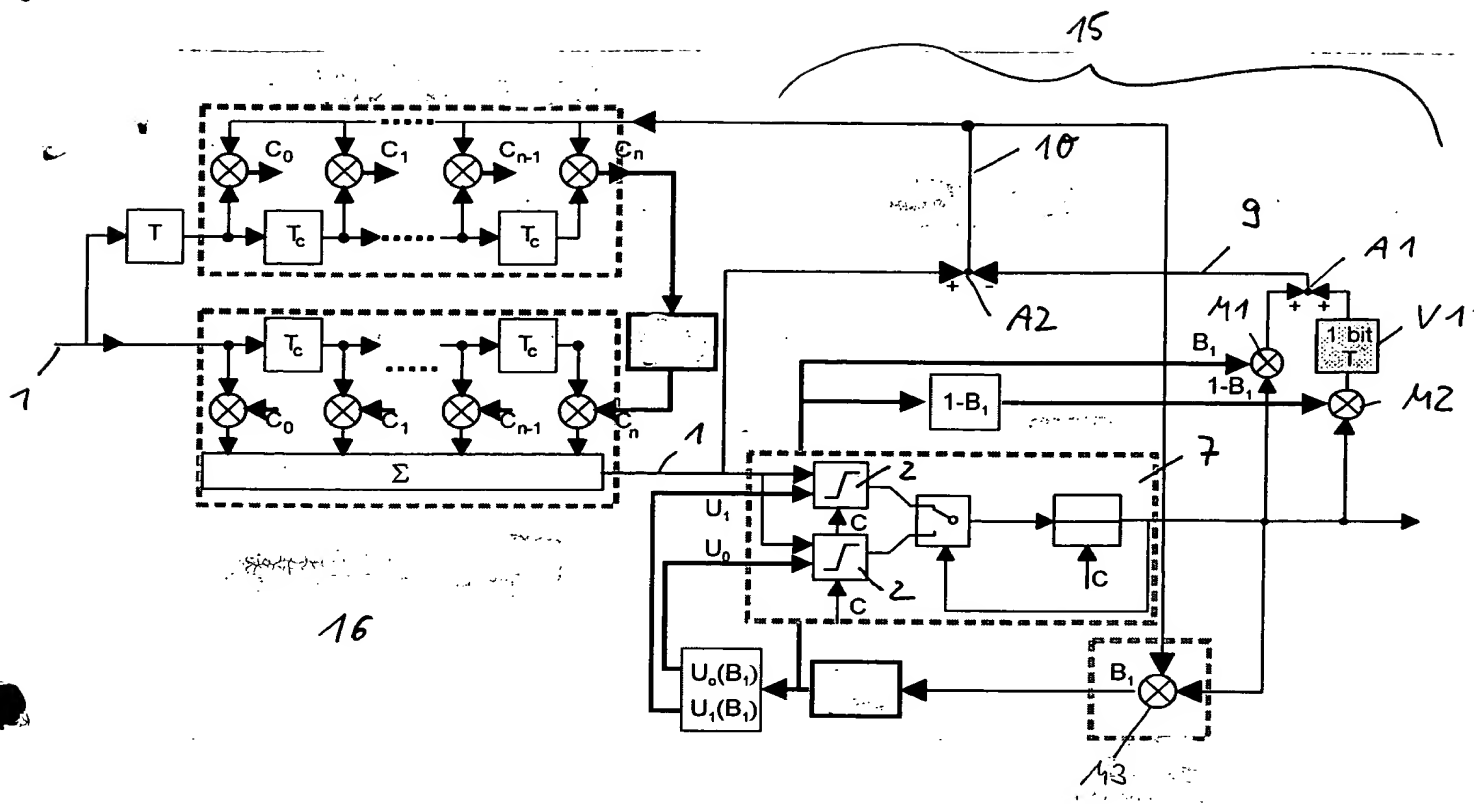


Fig. 4